

明 細 書

自動設計システム、自動設計方法、および自動設計プログラム

<技術分野>

本発明は、コンピュータを用いて自動設計を行なう自動設計システム、自動設計方法、および自動設計プログラムに関する。

<背景技術>

各種製造業における製品の一般的な設計処理の流れを大まかに示すと例えば図16のようになる。製品設計を自動設計システムにより行なう場合、設計に必要な計算式、計算手順、等を予めコンピュータのデータベースに入力しておき、自動設計の対象となる製品に対して要求される設計要求諸元（例えば、製造業の設計者が要求する設計要求諸元、その製造業の客先から要求されている設計要求諸元、等）をコンピュータに入力し、コンピュータのデータベースに入力されている計算式ならびに計算手順に基づいてコンピュータに自動設計を行なわせ且つ設計の終了時には設計結果を例えば印刷によりペーパ上に表示させる。そして必要に応じ、設計結果に対して、ルール（後述）に基づく設計者の裁量により設計者裁量諸元をコンピュータに入力する。

自動設計で取得した設計結果の評価は、通常その設計を担当する設計者（例えば、開発部、技術部、等といった製品設計部門に所属する者）により主に為される。その際、設計者は、例えば、生産技術部、信頼性管理部、生産部、資材部、品質管理部、等といった生産関係部門から伝えられている、製品の設計や製造に関するノウハウ（know-how）、条件、等を含むルールの情報を考慮して、設計結果の評価を行なう。例えば、設計結果の対象となる製品を製造するのに必要な部品の在庫が無く且つ入手も困難であるとの情報を資材部から得た場合、その設計結果自体は基本的には無効となるであろう。このような場合、設計者の裁量で設計者裁量諸元がコンピュータに入力され、自動設計がやり直される。この

のような処理は、基本的に全てのルールが満たされるまで繰り返される。

コンピュータを用いて自動設計を行なう自動設計システムの一例として、標準化された設計仕様および作図仕様に基づいて設計を行なう設計支援システムが知られている（例えば、特開2000-20557号公報参照）。この設計支援システムには、規格値データを設定した設計規格値テーブル等を設けた基準値テーブル、および標準化された設計仕様データを格納する設計仕様テーブルが設けられており、設計時に制御部がコアプログラムを使用して設計条件の読み込み、標準化された設計仕様データを格納する設計仕様テーブルの参照、この設計仕様テーブルに従って基準値テーブルから必要なデータを取り出しての処理、等を行なって設計を行なう。この設計支援システムによれば、設計に費やす時間と労力を大幅に軽減することができる。

しかしながら、従来の自動設計システムは単なる設計作業のスピードアップ、労力削減、等による製品設計の高効率化を主たる目的として開発されており、設計結果の評価については、生産関係部門から伝えられている情報との突合せ、転記チェック、電卓を用いた計算、等といった熟練設計者による手作業が実際のところ行なわれていた。よって、従来の自動設計システムを多用すればする程、設計結果の評価に係る設計者一人当たりの業務量が多くなり、トータル的にみて製品設計の高効率化が逆に図り難くなると共に設計結果の十分な評価が難しくなり、設計品質の低下が生じ易くなってしまう。それ故、近年の高度で複雑な設計要求諸元に対する製品設計の高効率化および高品質化は極めて困難である。そこで、設計結果の評価を行なう設計者の人数を増やすとコスト高となる（つまり人件費が嵩む）。

<発明の開示>

本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、製品設計の高効率化および高品質化を低コストで可能にする自動設計システム、自動設計方法、および自動設計プログラムを提供することにある。

(1) 前述した目的を達成するため、本発明に係る自動設計システムは、

自動設計の対象となる製品に対して要求される設計要求諸元、前記製品の設計に対する設計者の裁量による設計者裁量諸元、および前記製品の設計に必要な設計ルールを用いて製品の自動設計を行なう自動設計システムであって、

前記設計ルールを格納する設計ルール格納手段と、

前記設計要求諸元、前記設計者裁量諸元、および前記設計ルールを用いて自動設計を行なう自動設計手段と、

前記製品を製造する上で前記製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールが入力される判定ルール入力手段と、

前記判定ルールを格納する判定ルール格納手段と、

前記自動設計手段により得られる設計結果の可否を前記判定ルール格納手段に格納されている前記判定ルールに基づいて判定する設計結果判定手段と、

を備える。

(2) 上記(1)の自動設計システムが、前記設計結果判定手段により得られた判定結果を格納する判定結果格納手段を更に備え、前記設計ルール格納手段に格納されている前記設計ルールが前記判定結果を基に更新されることが好ましい。

上記(1)のように自動設計システムを構成すれば、製品を製造する上で当該製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールに基づいて、自動設計手段により得られた設計結果の可否が自動的に判定されるので、製品設計の高効率化および高品質化を低コストで可能にする。尚、最新の判定ルールが判定ルール入力手段に入力されれば、当該最新の判定ルールに基づく設計結果の可否を判定できる。

更に、上記(2)のように自動設計システムを構成すれば、設計ルール格納手段に格納されている設計ルールが、設計結果判定手段により得られた判定結果を基に更新されるので、最新の設計ルールに基づいて自動設計を行なうことができる。

(3) 前述した目的を達成するため、本発明に係る自動設計方法は、自動設計の対象となる製品の設計に必要な設計ルールを予め格納する設計ルール格納ステップと、

前記製品を製造する上で前記製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールを予め格納する判定ルール格納ステップと、

前記製品に対して要求される設計要求諸元を入力する設計要求諸元入力ステップと、

前記製品の設計に対する設計者の裁量による設計者裁量諸元を入力する設計者裁量諸元入力ステップと、

前記設計ルール格納ステップで格納した設計ルールを読み出し、当該設計ルール、前記設計要求諸元、および前記設計者裁量諸元を用いて自動設計を行なう自動設計ステップと、

前記判定ルール格納ステップで格納した判定ルールを読み出し、当該判定ルールに基づいて、前記自動設計ステップにより得られた設計結果の可否を自動的に判定する設計結果判定ステップと、

を有する。

(4) 上記(3)の自動設計方法が、

前記設計結果判定ステップにより得られた判定結果を格納する判定結果格納ステップと、

前記判定結果格納ステップで格納した判定結果を読み出し、当該判定結果に基づいて、前記設計ルール格納ステップで格納した前記設計ルールを更新する設計ルール更新ステップと、

を更に有することが好ましい。

上記(3)のように自動設計方法を構成すれば、製品を製造する上で当該製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールに基づいて、自動設計ステップにより得られた設計結果の可否が自動的に判定されるので、製品設計の高効率化および高品質化を低成本で可能にする。尚、最新の判定ルールが格納されていれば、当該最新の判定ルールに基づく設計結果の可否を判定できる。

更に、上記(4)のように自動設計方法を構成すれば、設計ルールが、設計結果判定ステップにより得られた判定結果を基に更新されるので、最新の設計ルールに基づいて自動設計を行なうことができる。

(5) 前述した目的を達成するため、本発明に係る自動設計プログラムは、自動設計の対象となる製品の設計に必要な設計ルールを予め格納する設計ルール格納処理と、

前記製品を製造する上で前記製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールを予め格納する判定ルール格納処理と、

前記製品に対して要求される設計要求諸元を入力する設計要求諸元入力処理と、前記製品の設計に対する設計者の裁量による設計者裁量諸元を入力する設計者裁量諸元入力処理と、

前記設計ルール格納処理で格納した設計ルールを読み出し、当該設計ルール、前記設計要求諸元、および前記設計者裁量諸元を用いて自動設計を行なう自動設計処理と、

前記判定ルール格納処理で格納した判定ルールを読み出し、当該判定ルールに基づいて、前記自動設計処理により得られた設計結果の可否を自動的に判定する設計結果判定処理と、

を含む処理をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

(6) 上記(5)の自動設計プログラムが、

前記設計結果判定処理により得られた判定結果を格納する判定結果格納処理と、

前記判定結果格納処理で格納した判定結果を読み出し、当該判定結果に基づいて、前記設計ルール格納処理で格納した前記設計ルールを更新する設計ルール更新処理と、

を更に含む処理をコンピュータに実行させるためのプログラムであることが好ましい。

上記(5)の処理がコンピュータにより実行されるように自動設計プログラムを構成すれば、製品を製造する上で当該製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールに基づいて、自動設計処理により得られた設計結果の可否が自動的に判定されるので、製品設計の高効率化および高品質化を低コストで可能にする。尚、最新の判定ルールが格納されていれば、当該最新の判定ルールに基づく設計結果の可否を判定できる。

更に、上記（6）の処理がコンピュータにより実行されるように自動設計プログラムを構成すれば、設計ルールが、設計結果判定処理により得られた判定結果を基に更新されるので、最新の設計ルールに基づいて自動設計を行なうことができる。

尚、上述した本発明に係る自動設計プログラムを記録した記録媒体、換言すれば、上記（5）または（6）の処理を含む処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体を形成してもよく、このような記録媒体が、本発明に係る自動設計プログラムと同様な優れた作用および効果を奏することは言うまでもない。

当該コンピュータ読み取り可能な記録媒体の例としては、ROM（即ち、Read Only Memory）、RAM（即ち、Random Access Memory）、等といった半導体記録媒体、DVD（即ち、Digital Versatile Disk）-ROM、DVD-RAM、CD（即ち、Compact Disc）-ROM、CD-RW（即ち、Rewritable）、等といった光記録媒体、ハードディスク、フロッピーディスク、等といった磁気記録媒体、MO（即ち、Magneto Optical Disk）等といった光磁気記録媒体、が挙げられるが、コンピュータ読み取り可能な記録媒体であれば何でもよい。従って、コンピュータには、採用する記録媒体に応じて、当該記録媒体に対応する記録／読み出し装置を適宜設ければよい。

以上、説明したように、本発明によれば、製品設計の高効率化および高品質化を低成本で可能にする。

＜図面の簡単な説明＞

図1は、本発明に係る自動設計システムの一実施形態の概略構成を示す図であり、

図2は、本発明の自動設計システムが玉軸受を自動設計する際の概略動作フローチャートを示す図であり、

図3は、本発明の自動設計システムによる自動設計処理の詳細を示すフローチ

ヤートであり、

図4は、本発明の自動設計システムによる設計結果自動判断処理の詳細を示すフローチャートであり、

図5は、玉軸受を組み込む組み込みハウジングの寸法変数名を示す図であり、

図6は、玉軸受の寸法変数名と自動設計計算式を示す図であり、

図7は、本発明の自動設計システムの設計ルールデータベースに格納されている品種別の設計ルールデータの例を示す図であり、

図8は、文書形式で設計ルールデータベースに格納された設計ルールの文書例を示す図であり、

図9は、判定ルールデータベースに格納される判定ルールの例を示す図であり、

図10は、判定結果データベースの格納データの例を示す図であり、

図11は、設計要求諸元入力手段の設計条件入力画面を示す図であり、

図12は、設計者裁量諸元入力手段の設計者裁量諸元入力画面を示す図であり、

図13は、設計結果画面の例を示す図であり、

図14は、設計ヘルプ画面例を示す図であり、

図15は、判定結果の画面例を示す図であり、そして

図16は、各種製造業における製品の一般的な設計処理の概略を示すフローチャートである。

尚、図中の符号、1は設計要求諸元入力手段、2は設計者裁量諸元入力手段、3は設計ルールデータベース入力手段、4は設計ルールデータベース（設計ルール格納手段）、5は判定ルールデータベース入力手段（判定ルール入力手段）、6は判定ルールデータベース（判定ルール格納手段）、7は自動設計および自動判定処理手段、8は設計成果物作成手段、9は設計成果物出力手段、10は設計成果物データベース、11は検索処理手段、12は検索結果表示手段、71は設計ルールデータベース呼び出し手段、72は自動設計手段、73は判定ルールデータベース呼び出し手段、74は判定手段（設計結果判定手段）、そして75は判定結果データベース（判定結果格納手段）である。

<発明を実施するための最良の形態>

以下、本発明に係る一実施形態を玉軸受の設計を例にして図1～図15に基づいて詳細に説明する。

図1に示される自動設計システムは、設計要求諸元入力手段1と、設計者裁量諸元入力手段2と、設計ルールデータベース入力手段3と、設計ルールデータベース4と、判定ルールデータベース入力手段5と、判定ルールデータベース6と、自動設計および自動判定処理手段7と、図面、3Dモデル、等の設計成果物作成手段8と、設計成果物出力手段9と、設計成果物データベース10と、検索処理手段11と、検索結果表示手段12と、を備える。

尚、図1の自動設計システムは、一台のコンピュータで構築されるものでもよいが、代わりに例えば、設計要求諸元入力手段1、設計者裁量諸元入力手段2、設計ルールデータベース入力手段3、および判定ルールデータベース入力手段5を少なくとも一台のパーソナルコンピュータ等の端末装置で構成し、当該端末装置と、設計ルールデータベース4、判定ルールデータベース6、自動設計および自動判定処理手段7、等を備えたホストコンピュータとをネットワーク経由で通信可能に接続したものであってもよい。

設計要求諸元入力手段1は、設計者が、自動設計の対象となる製品、即ち、玉軸受に対して要求される設計要求諸元(例えば、設計者が要求する設計要求諸元、客先から要求されている設計要求諸元、等)を入力するための装置である。設計者裁量諸元入力手段2は、玉軸受の設計に対する設計者の裁量による設計裁量諸元を入力するための装置である。

設計ルールデータベース入力手段3は、種々の玉軸受の設計に必要な計算式、閾値、等からなる設計ルールを入力するための装置である。設計ルールデータベース4は、設計ルールデータベース入力手段3に入力された各種設計ルールを格納するものである。

設計ルールデータベース4には、図7に示すように、設計に必要な計算式および閾値として、製品に発生する問題および問題を回避する方法を数式化した問題回避ルール、問題回避ルールを満足できない場合の対応方法についてのアドバイ

ス、その問題回避ルールの根拠資料の名称、および重複しない項目 ID がデータとして格納されている。

図 7 に示されるように、玉径 DA、ハウジング幅 D、および軸径 SD に対しては、例えば、玉径が大きすぎる問題を回避するため、下記の式（1）のように数式化した問題回避ルールが設定されている。

$$DA \leq (D - SD) / 2 * 0.6 \dots (1)$$

その式（1）を満たしていない場合のアドバイスとしては「玉径を小さくする」である。また、そのアドバイスの根拠資料としては「X × 実験 002」である。

製品に発生する問題の抽出には、特性要因図など QC 関連手法を適用すると項目を整理し易いが、他の理論や方法でもよい。

設計の進歩により新たな設計ルールができた場合、設計ルールデータベース入力手段 3 にその新たな設計ルールを入力することにより、設計ルールデータベース 4 に常に最新の設計ルールを格納することができる。

また、設計中にトラブルが発生し、その原因を追求し、その失敗を回避するルールを見つけた場合も、その失敗を回避するルールを入力することにより、設計ルールデータベース 4 に以前の失敗を回避するルールも格納される。これにより、同様なトラブルを発生させないようにすることができる。

データベースのシステムへの実装にあたっては、リレーショナルデータベースツール等を利用して専用のデータベースシステムやデータ入力画面を構築するともできるが、表計算ソフト等を使って簡単に実装することも可能である。

図 8 に示される設計ルールデータベース格納文書は、図 7 に示した表形式と同様の情報を含み、設計規定文書として参照利用できる形式で格納されている。システムへの実装にはワープロソフトや表計算ソフト等を利用すると実装しやすいが他の方法でも問題ない。設計ルールデータベース 4 は、図 7 のように表形式でデータを格納することもできるが、図 8 のように設計規定を定義した文書形式で格納してもよい。この場合、実際の計算や判断に利用する計算式や閾値とそれを定義する文書を設計ルールデータベースの中で一元管理することができる。設計規定文書を修正し、設計ルールデータベース 4 に保存することにより、自動計算

処理の計算方法も同時に修正することが可能になる。ワープロソフトのラベル機能や表計算ソフトの行・列のカラム名等を利用して文書の一部になっている各計算式や閾値に重複しないIDをつけ、それにより対応プログラムから必要な計算式や閾値を取り出すことにより実装することができる。またその他の方法でも文書中の一部とプログラムをリンクづけることができればそれでもよい。

判定ルールデータベース入力手段5は、設計結果がよいかどうかを判定するルールを入力するものであり、判定ルールデータベース6は、その判定ルールを格納するものである。

図9は、判定ルールデータベース6に格納される判定ルールの例を示す。この図9に示すように、判定ルールデータベース6に格納される判定ルールは、例えば、生産技術部、信頼性管理部、生産部、資材部、品質管理部、等といった生産関係部門から伝えられている、製品の設計や製造に関するノウハウ(know-how)、条件、等を含むルールを含んでいる。当該判定ルールには生産関係部門からの例えば、加工や品質管理等の情報に基づくルール(例えば、生産業者・工場・ライン・設備の技術的条件ルール、生産業者・ライン・設備の稼動状況・予定ルール、等)、資材管理等の情報に基づくルール(例えば、部品在庫連携ルール、購入部品選定ルール、等)、規制情報に基づくルール(例えば、環境規制対応ルール、不正輸出防止ルール、等)、等が含まれる。即ち、判定ルールデータベース6に格納される判定ルール(換言すれば、判定ルールデータベース入力手段5に入力される判定ルール)は、製品(本例では玉軸受)を製造する上で当該製品の設計が満足すべきルールを含んでいる。

判定ルールは、生産関係部門から伝えられる情報に変化があった場合、その変化した判定ルールあるいは判定ルールの中の変化した要素を判定ルールデータベース入力手段5から入力することにより、常に最新の情報を判定ルールデータベース6に格納することができる。

自動設計および自動判定処理手段7は、自動設計および設計結果の自動判定を行なう手段であって、図1に示されるように、設計ルールデータベース呼び出し手段71と、自動設計手段72と、判定ルールデータベース呼び出し手段73と、

各項目の判定ルールによる判定手段 7 4 と、判定結果データベース 7 5 と、を備える。

設計ルールデータベース呼び出し手段 7 1 は、設計ルールデータベース 4 から設計ルールを呼び出すものである。自動設計手段 7 2 は、設計要求諸元入力手段 1 および設計者裁量諸元入力手段 2 から入力された設計要求諸元および設計者裁量諸元、および設計ルールデータベース呼び出し手段 7 1 が設計ルールデータベース 4 から呼び出した設計ルールに基づいて自動設計を行なう。

判定ルールデータベース呼び出し手段 7 3 は、判定ルールデータベース 6 から判定ルールを呼び出すものである。判定手段 7 4 は、判定ルールデータベース呼び出し手段 7 3 が判定ルールデータベース 6 から呼び出した各項目の判定ルールに基づき、上記自動設計手段 7 2 で取得した設計結果の可否判定を自動的に行ない、そして判定結果データベース 7 5 はその判定手段 7 4 による判定結果を格納する。

判定ルールデータベース呼び出し手段 7 3 が判定ルールデータベース 6 から呼び出した各項目の判定ルールは、製品（本例では玉軸受）を製造する上で当該製品の設計が満足すべきルールを含んでいるで、自動設計手段 7 2 で取得した設計結果がペーパ上に表示されずとも、設計結果を取得し次第その設計結果がルールを守っているかどうかが判定手段 7 4 により自動的に判定される。例えば、設計結果の中、価格の安いものや安定的に供給できるもの等を選択したかを判定することにより、図 9 に示した材料選定ルールが守られているかが自動的に判定される。

図 10 に示されるように、判定結果データベース 7 5 には、名番、項目 ID、判定項目、設計値と問題回避ルール、設計値、基準値、自動判定結果、最終判定結果、および理由がデータとして格納されている。その中でも最終判定結果については、場合により判定結果が人手で修正されることもあり、その時の最終判定結果は自動判定結果と異なる場合もある。このような場合、異なる結果を取得した理由は理由データとして判定結果データベース 7 5 に格納される。各名番の設計値が確定するタイミングで新規のデータが追加される。図 10 の例では、過去に

設計された 6304 と 608 といった 2 つの名番のデータが既に格納されている状態を示している。このようなデータを保存しておくことにより図 14 のような設計ヘルプ画面として自動設計システムのディスプレイに表示することができる。

また、図 1 に示されるように、判定結果データベース 75 と設計ルールデータベース 4 とがリンクしており、判定手段 74 により得られた判定結果を基に設計ルールが更新されるので、過去の判定結果が設計ルールデータベース 4 の設計ルールに反映されることにより、最新の設計ルールに基づいて自動設計手段 72 が自動設計を行なう。

図面、3D モデル、等の設計成果物作成手段 8 は、自動設計および自動判定処理手段 7 から出力された設計結果を含む各種情報を表示する図面、3D モデル、等といった設計成果物を設計成果物出力手段 9 から出力できるよう作成する手段であり、設計成果物出力手段 9 は、設計結果を含む各種情報を印刷機器および設計成果物データベース 10 に出力する。設計成果物データベース 10 は、自動設計で取得した設計成果のデータを格納する。

検索処理手段 11 は、判定結果データベース 75 に格納されている過去の判定結果を検索するものであり、検索結果表示手段 12 はその検索結果を自動設計システムのディスプレイに表示するものである。過去の判定結果を保存および参照できることにより、設計者の判断を支援することができ、設計速度向上およびミス減少が期待できる。

次に、図 1 の自動設計システムを利用して玉軸受の自動設計を行なう場合の動作を、図 2 を用いて説明する。

ステップ S201 で設計を開始すると、ステップ S202 で設計者は、例えば客先から要求された玉軸受を組み込むハウジング寸法の条件を指定するため、設計要求諸元入力手段 1 に各寸法値を入力する。図 5において、U B はハウジングの玉軸受収容溝の幅（以後、『ハウジング幅』と略称する。）を表す変数であり、U D はハウジングの玉軸受収容溝の外径（以後、『ハウジング外径』と略称する。）を表す変数であり、そして S H は軸径を表す変数である。このような形状条件のほかに、荷重や寿命、温度等製品の組み込み環境のデータについて変数名をつけ

てデータ化する。図11は、設計要求諸元入力手段1の設計条件入力画面を示す図である。寸法値を入力するとき、設計者はこの図11に示す画面で、ハウジング外径UDの値、ハウジング幅UBの値、そして軸径SHの値を順次入力し、設計要求諸元を入力する。設計条件諸元を入力後に「次へ」をクリックして入力が確定する。

ステップS203で、設計者裁量諸元入力手段2に設計者裁量諸元が入力される。今回は玉軸受の製品設計を例にして説明するので、玉径は設計者の裁量により決定できる設計者裁量諸元にあたる。同時に今回の設計製品につける名番も入力しておき、図面作成時の図枠項目や設計成果物格納処理のデータベース格納キー等に利用する。図12は、設計者裁量諸元入力手段2の設計者裁量諸元入力画面を示す。設計者は、この図12に示す画面に、軸受名番および玉径DAの値を入力し、設計者裁量諸元を入力する。設計者裁量諸元を入力後に「次へ」をクリックして入力が確定する。

ステップS204で設計ルールデータベース呼び出し手段71は設計ルールデータを設計ルールデータベース4から読み出す。ここで、例えば、図7または図8に示すような設計ルールデータを読み出してくる。

ステップS205で自動設計手段72は、設計要求諸元と設計者裁量諸元および設計ルールデータに基づいて自動設計処理を行なう。ここで、ステップS202およびS203で入力した設計要求諸元と設計者裁量諸元をステップS204で読み出した設計ルールの計算式より計算し、設計結果を取得する。

ステップS206で設計結果確認画面を表示する。図13は、設計結果画面の例を示す。この図13に示すように、設計結果画面には、各変数の設計値が表示されている。設計結果画面中に、設計に関連する判定項目の条件でNGになる部分について、赤等の強調表示することにより、その値に問題があることを設計者に知らせる。例えば、図13に示す画面上のDAの値16.0はその強調表示が施されたものである。問題があった場合に、その問題があった数値の右隣にあるヘルプボタンをクリックすることにより、図14に示す設計ヘルプ画面を表示することができる。この図14に示す設計ヘルプ画面には、名番、ID、NGにな

った判定項目の内容、およびその問題を解決するためのアドバイスが表示されている。この画面には、最新の設計ルールデータベース4からアドバイスを取り出して表示し、過去の設計実績については、判定結果データベース75から過去の名番、条件ルール、設計値、基準値、自動OK/NG判定、最終OK/NG、および特別OKの場合の理由、といったデータを呼び出して表示することができる。これにより、設計者は過去の実績を考慮しながら設計値を確定していくことができる。また、特別なケースについてはその理由も保存されているため、例外的なケースを参考にすることによる設計ミスを防止することができる。

ステップS207で判定手段74が設計結果の自動判定処理を行なう。この自動判定では、生産関係部門の各種ルールも含む判定ルールを基に自動的に判定が為されるので、自動設計の結果が生産関係部門からみてよいかどうかの確認も同時にに行なわれる。すなわち、自動設計の結果をペーパ上に表示し、設計者や生産関係部門の人がその自動設計の結果を確認するようなことが不要となり、ルール全項目の確認は判定手段74が自動的に行なう。

ステップS208で設計結果に対応する各判定項目の設計値、基準値、OK/NG判断、等の判定結果データを判定結果データベース75に格納する。判定結果データベース75に格納したデータは、検索処理手段11により検索して利用することができ、類似品の設計等に役立てることができる。

ステップS209で全ての判定項目に対して設計結果がよいかを判定する。ステップS209において、全ての判定項目に対して設計結果がよいと判定した場合、ステップS210で図面、3Dモデル、等といった設計成果物の作成処理を行なう。

ステップS211で印刷出力や設計成果物データベース10への格納等、設計成果物出力処理を行なう。そしてステップS212で処理が終了する。

一方、ステップS209において、全ての判定項目に対して設計結果がよいとは判定されなかった場合、ステップS203に戻り、設計者が設計者裁量諸元を見直し、新たな設計者裁量諸元を入力してから再度自動設計および自動判定を行なう。ステップS203～S209の動作を全ての判定項目に対して設計結果が

合格であると判定されるまで繰り返して行なう。

尚、図3に示されるように、ステップS301で自動設計処理が開始されると、ステップS302で、入力された設計要求諸元、設計者裁量諸元、および読み出した設計ルールから設計に必要な設計要求諸元、設計者裁量諸元、自動設計の対象となる製品の設計に必要な計算式、閾値、等を取り出す。

ステップS303で繰り返し計算により、最適値を探る必要がある設計値の初期設定を行なう。ステップS304で基本諸元寸法を計算し、形状を決定する。図6は、その基本諸元寸法を計算し、形状を決定するための軸受寸法変数名と自動設計計算式を示す。図6に示すように、設計者により、玉径、ハウジング幅U B、ハウジング外径UD、および軸径SHがそれぞれDA、B、D、およびSDの値として入力されると、軸受寸法の各変数は以下に示す各式により取得される。

$$RA = \text{設計ルールDG001 計算式による} \dots \quad (2)$$

$$D1 = (D - SD) * 0.6 + SD \dots \quad (3)$$

$$D2 = (D - SD) * 0.4 + SD \dots \quad (4)$$

$$DE = (D + SD) / 2 + DA \dots \quad (5)$$

$$DN = (D + SD) / 2 - DA \dots \quad (6)$$

上記図6に示す計算式についてはプログラムに埋め込んで固定にすることもできるが、設計ルールデータベース4に格納されている計算式や閾値等を読み出して利用するようにしてもよい。この場合、プログラムを修正しなくてもデータベースを更新するだけで計算式の切り替えが可能になる。

ステップS305で3Dモデル作成による体積等の計算や解析システムによる応力計算等を行ない、設計形状に関連する設計検討処理を必要に応じて行なう。

ステップS306で荷重や寿命計算等設計検討に必要な数値の計算を行なう。計算には、設計ルールデータベース4から設計ルールとして取り出した計算式、閾値、等を適用することもできる。

ステップS307で繰り返し計算の収束条件を満たしたかを判断する。繰り返し計算の収束条件については、固定値にすることもできるし、設計ルールデータベース4から設計ルールとして取り出した計算式、閾値、等を適用することもで

きる。

ステップS307において、繰り返し計算の収束条件を満たしたと判定した場合、ステップS308で自動設計処理が終了し、システム全体の処理を示す図2の処理にリターンする。

一方、繰り返し計算の収束条件を満たしていないと判定した場合、ステップS304に戻り、再度自動設計処理を行ない、ステップS304～S307の処理を繰り返し計算の収束条件を満たしたと判定するまで繰り返して行なう。

尚、図4に示されるように、ステップS401で設計結果自動判断処理が開始すると、ステップS402で判定ルールデータベース呼び出し手段73が判定ルールデータベース6から全判定対象項目の判定ルールデータを取り出す。

ステップS403で判定手段74は全判定対象項目について設計結果の判定処理を行なう。ステップS404で、自動判定の結果を画面に出力する。図15は、判定結果の画面例を示す。図15に示すように、判定結果の画面には、項目ID、判定項目、設計値と問題回避ルール、設計値、基準値、自動判定結果、最終判定結果、および理由といった各項目が表示されている。この画面によりその品種の設計ルールにある全判定項目についてOK/NGを確認することができる。

また、自動判定でNGになった項目について特別な理由があるケースには、理由欄に理由を入力することにより、人手操作により強制的にOKにすることも可能になっている。すべてOKになり、NG数が0にならない限り「次へ」ボタンを押せない仕様になっている。つまりステップS405では、人手操作があった場合、自動判定の結果はNGであっても理由を入力すれば特別OK処理を行なう。この操作により、自動判断でNGになったケースでも、特別な理由がある場合、理由を入力することにより、人手操作で強制的にOKに変更することができる。よって、問題のある設計データが製造図面等の形で工場に流れ、品質問題を起すことを防止することができる。ステップS406で、システム全体の処理を示す図2の処理にリターンする。

本発明の自動設計システムによれば、判定ルールデータベース6に格納された、製品を製造する上で当該製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールに基づ

いて、自動設計手段 7 2 により得られた設計結果の可否が自動的に判定されるので、製品を設計する際に、製造に関する問題を回避することができ、設計結果の品質判定業務の労力削減および精度向上が図れる。よって、製品設計の高効率化および高品質化が低コストで可能となる。

また、本発明の自動設計システムによれば、最新の判定ルールが判定ルールデータベース入力手段 5 に入力されて判定ルールデータベース 6 に格納されていれば、当該最新の判定ルールに基づく設計結果の可否を判定できる。また、設計ルールデータベース 4 に格納されている設計ルールが、判定手段 7 4 により得られ且つ判定結果データベース 7 5 に格納された判定結果を基に更新されるので、最新の設計ルールに基づいて自動設計を行なうことができる。

従って、過去の判定結果を保存参照できることにより設計者の判断を支援することができ、設計の速度アップおよびミスの減少が期待できる。

また、比較的変更頻度が高い計算式や閾値をプログラムによって切り出し、設計ルールデータベース 4 に格納することにより、その計算式や閾値の修正であれば、プログラムを修正しなくても自動設計機能を柔軟に修正することができる。これにより、プログラム技術者を介さずに最新の設計ルールを自動設計システムに反映することができる。

また、熟練設計者のノウハウから抽出した計算式、閾値、等を設計ルールデータベース 4 に格納し、それによる自動設計を実現することにより、経験の浅い設計者でも熟練設計者に近い設計を行なうことが可能となる。

問題が発生するごとに、原因を追求し、それを回避するルールを設計ルールデータベース 4 に反映していくことを繰り返すことにより、単にある時点での熟練設計者の設計方法をシステム化しただけでなく、その後も進化しつづけることができる自動設計システムを実現することができる。

尚、上述した実施形態の説明では簡単な玉軸受の設計を例に挙げたが、本発明が、円筒ころ軸受、ハブ軸受、ニードル軸受、等の設計にも同様に適用することができますことは言うまでもない。

本発明を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本発明の精神と範

囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2004年4月21日出願の日本特許出願（特願2004-125086）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

<産業上の利用可能性>

本発明に係る自動設計システム、自動設計方法、自動設計プログラム、および当該自動設計プログラムを記録した記録媒体は、コンピュータを用いて自動設計を行なう上で有用である。

請 求 の 範 囲

1. 自動設計の対象となる製品に対して要求される設計要求諸元、前記製品の設計に対する設計者の裁量による設計者裁量諸元、および前記製品の設計に必要な設計ルールを用いて製品の自動設計を行なう自動設計システムであって、

前記設計ルールを格納する設計ルール格納手段と、

前記設計要求諸元、前記設計者裁量諸元、および前記設計ルールを用いて自動設計を行なう自動設計手段と、

前記製品を製造する上で前記製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールが入力される判定ルール入力手段と、

前記判定ルールを格納する判定ルール格納手段と、

前記自動設計手段により得られる設計結果の可否を前記判定ルール格納手段に格納されている前記判定ルールに基づいて判定する設計結果判定手段と、

を備えることを特徴とする自動設計システム。

2. 前記設計結果判定手段により得られた判定結果を格納する判定結果格納手段を更に備え、前記設計ルール格納手段に格納されている前記設計ルールが前記判定結果を基に更新されることを特徴とする請求の範囲第1項記載の自動設計システム。

3. 自動設計の対象となる製品の設計に必要な設計ルールを予め格納する設計ルール格納ステップと、

前記製品を製造する上で前記製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールを予め格納する判定ルール格納ステップと、

前記製品に対して要求される設計要求諸元を入力する設計要求諸元入力ステップと、

前記製品の設計に対する設計者の裁量による設計者裁量諸元を入力する設計者裁量諸元入力ステップと、

前記設計ルール格納ステップで格納した設計ルールを読み出し、当該設計ルール、前記設計要求諸元、および前記設計者裁量諸元を用いて自動設計を行なう自動設計ステップと、

前記判定ルール格納ステップで格納した判定ルールを読み出し、当該判定ルールに基づいて、前記自動設計ステップにより得られた設計結果の可否を自動的に判定する設計結果判定ステップと、

を有することを特徴とする自動設計方法。

4. 前記設計結果判定ステップにより得られた判定結果を格納する判定結果格納ステップと、

前記判定結果格納ステップで格納した判定結果を読み出し、当該判定結果に基づいて、前記設計ルール格納ステップで格納した前記設計ルールを更新する設計ルール更新ステップと、

を更に有することを特徴とする請求の範囲第3項記載の自動設計方法。

5. 自動設計の対象となる製品の設計に必要な設計ルールを予め格納する設計ルール格納処理と、

前記製品を製造する上で前記製品の設計が満足すべきルールを含む判定ルールを予め格納する判定ルール格納処理と、

前記製品に対して要求される設計要求諸元を入力する設計要求諸元入力処理と、

前記製品の設計に対する設計者の裁量による設計者裁量諸元を入力する設計者裁量諸元入力処理と、

前記設計ルール格納処理で格納した設計ルールを読み出し、当該設計ルール、前記設計要求諸元、および前記設計者裁量諸元を用いて自動設計を行なう自動設計処理と、

前記判定ルール格納処理で格納した判定ルールを読み出し、当該判定ルールに基づいて、前記自動設計処理により得られた設計結果の可否を自動的に判定する設計結果判定処理と、

を含む処理をコンピュータに実行させるための自動設計プログラム。

6. 前記設計結果判定処理により得られた判定結果を格納する判定結果格納処理と、

前記判定結果格納処理で格納した判定結果を読み出し、当該判定結果に基づいて、前記設計ルール格納処理で格納した前記設計ルールを更新する設計ルール更新処理と、

を更に含む処理をコンピュータに実行させるための請求の範囲第5項記載の自動設計プログラム。

図 1

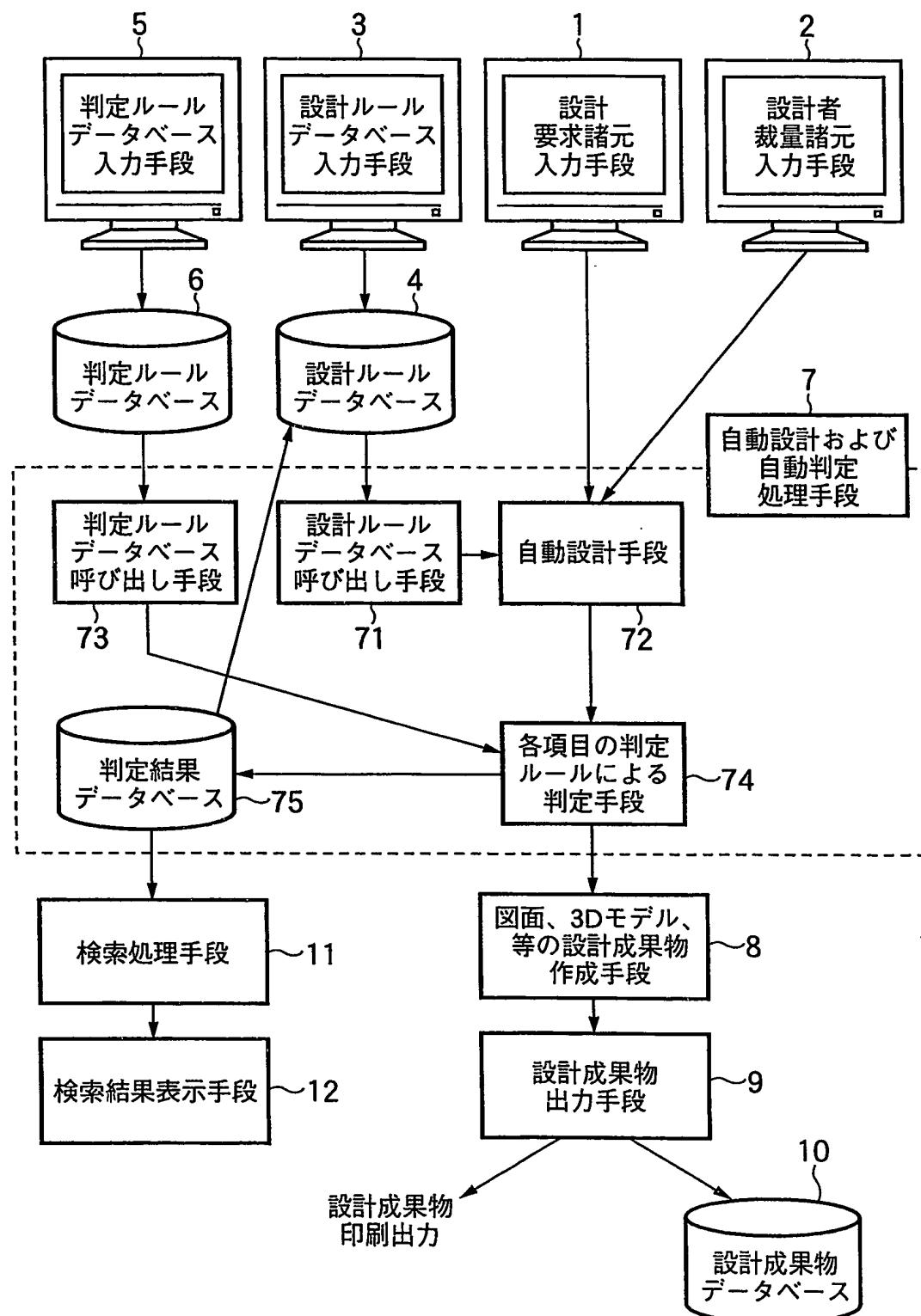


図 2

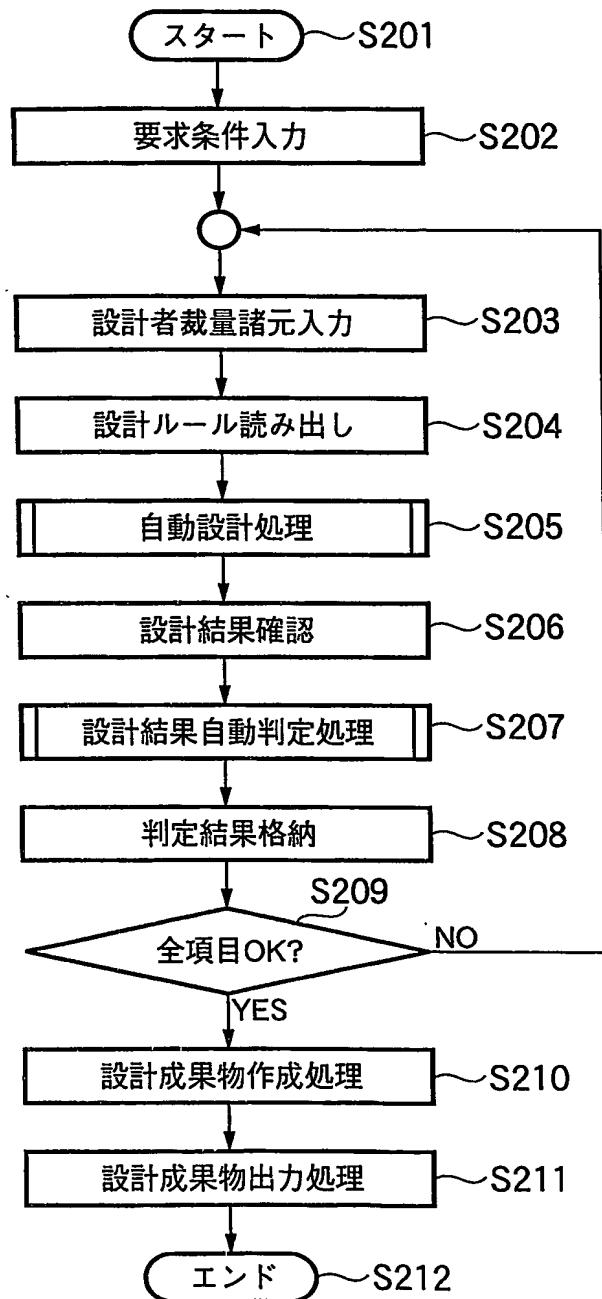


図 3

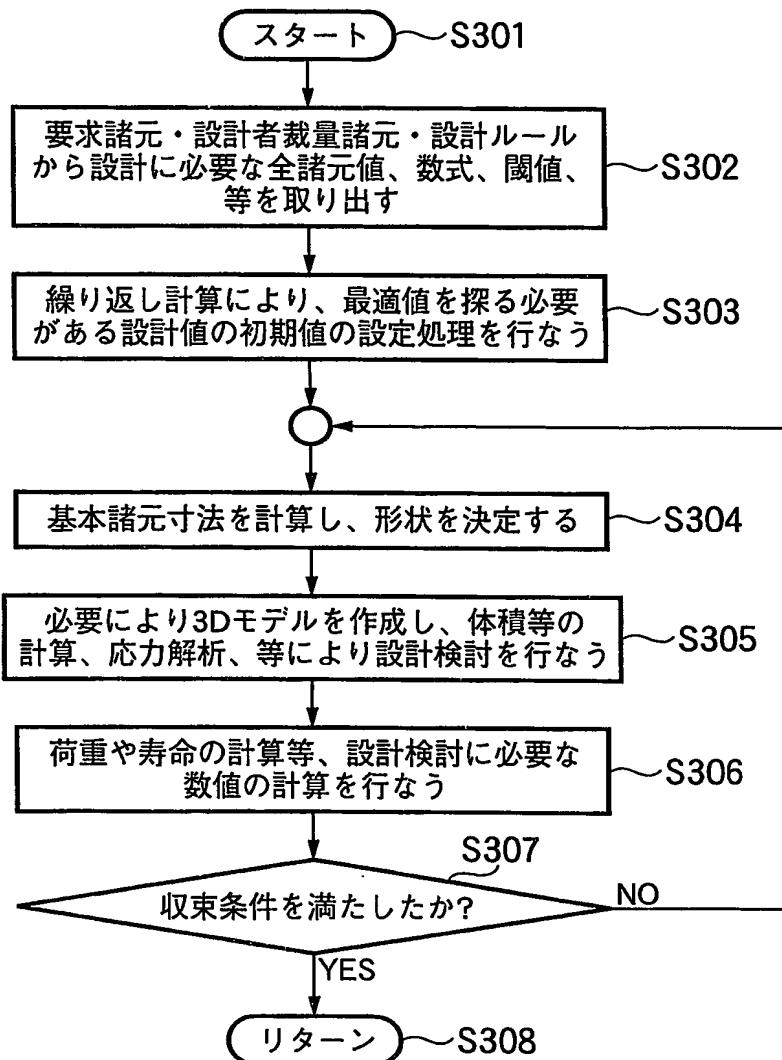


図 4

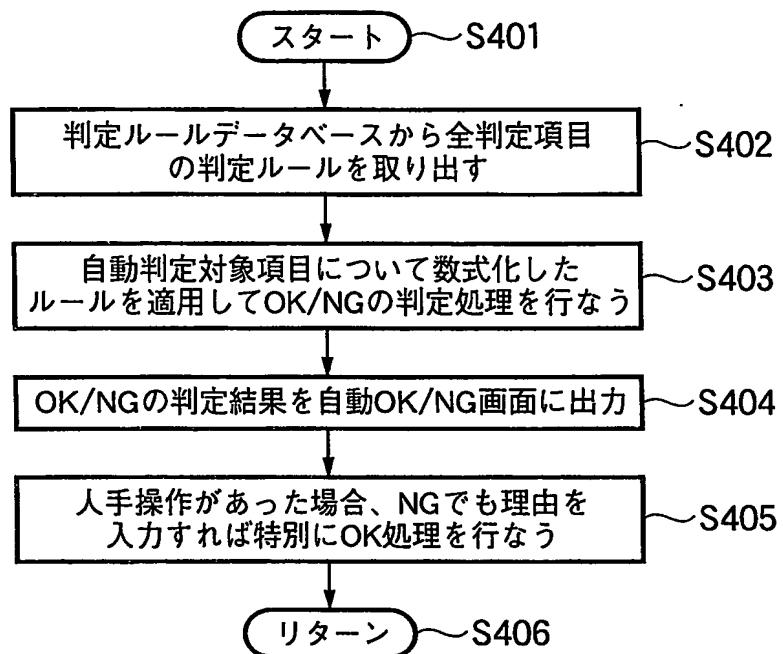


図 5

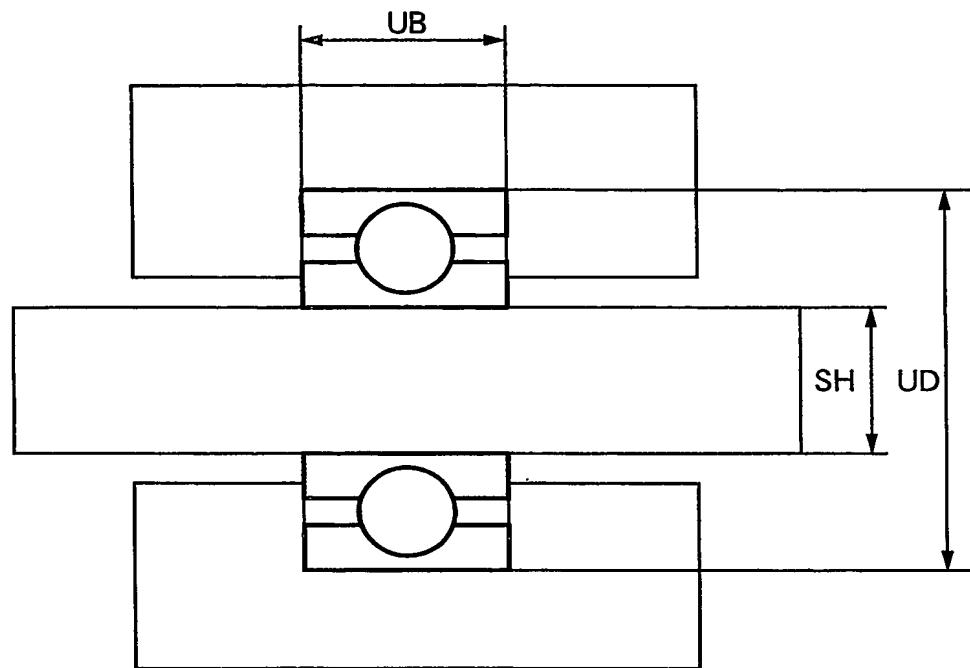


図 6

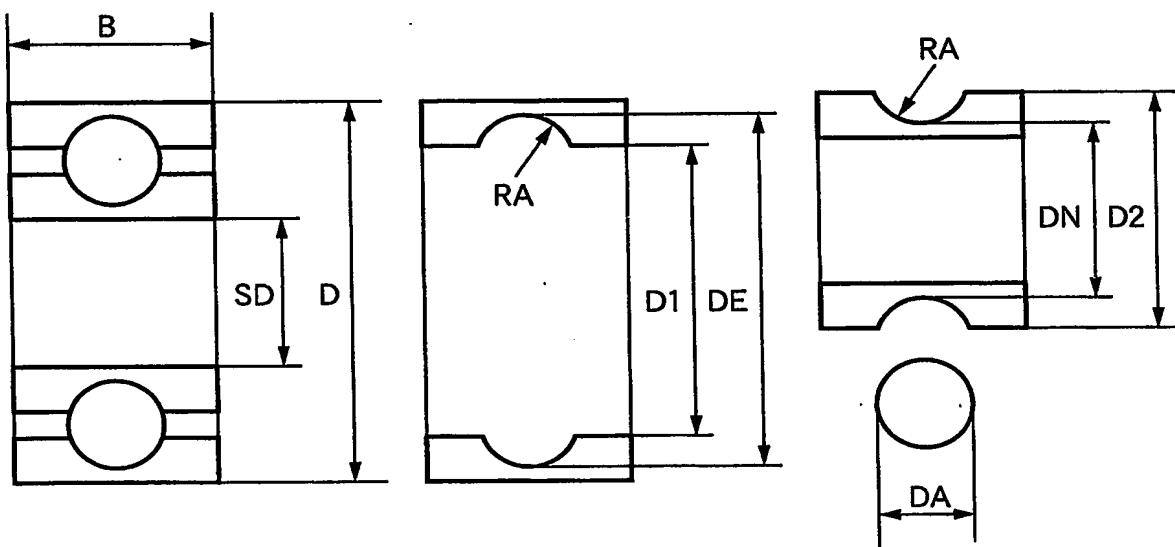


図 7

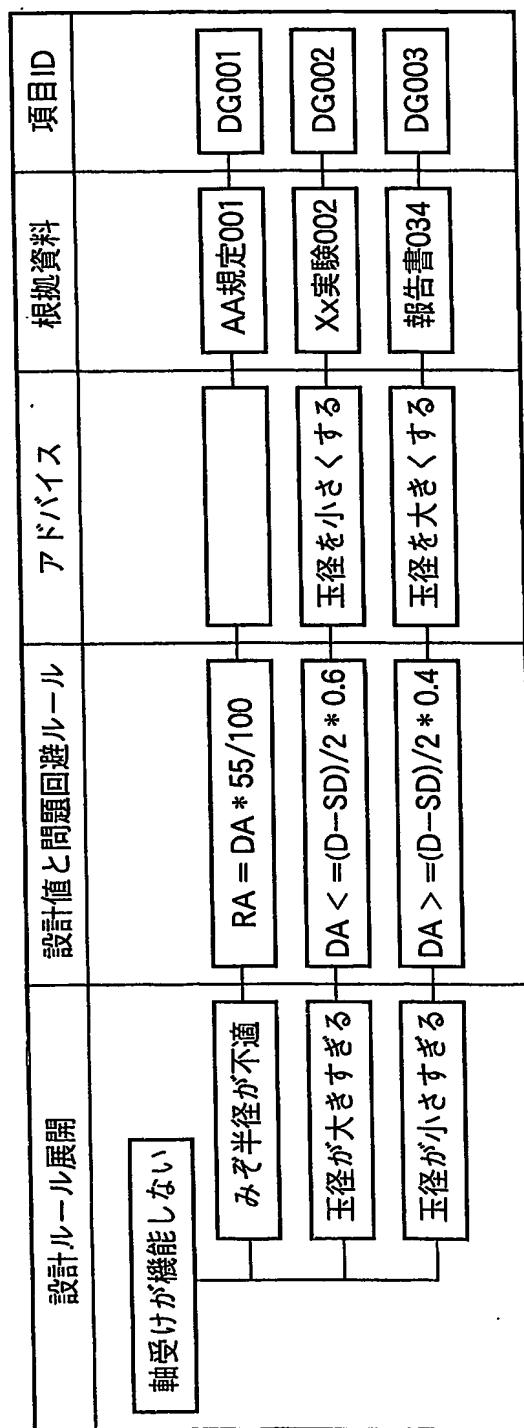


図 8

規定番号 : NSK00123

発効日 : 2003/10/30

版 : 01-03

玉軸受の玉径・みぞ径設計基準

1. 適用範囲

以下に定義する玉軸受の設計方法は、一般向け玉軸受の設計に適用する。別途定義のある特殊用途向けは除く。

2. 玉径(DA)の範囲

軸受が機能しない問題を回避するため、以下に示す2つの式を満たすように玉径を決める。

玉径が大きすぎる問題の回避方法 $DA \leq (D - SD)/2 * 0.6$ ID=(DG002)

玉径が小さすぎる問題の回避方法 $DA \geq (D - SD)/2 * 0.4$ ID=(DG003)

参考文書 : Xx実験002, 報告書034

3. みぞ径(RA)計算方法

軸受けが機能しない問題を回避するため、以下の計算式により外輪及び内輪のみぞ径を計算する。

みぞ半径が不適にならないための
計算式 $RA = DA * 55/100$ ID=(DG001)

参考文書 : AA規定001

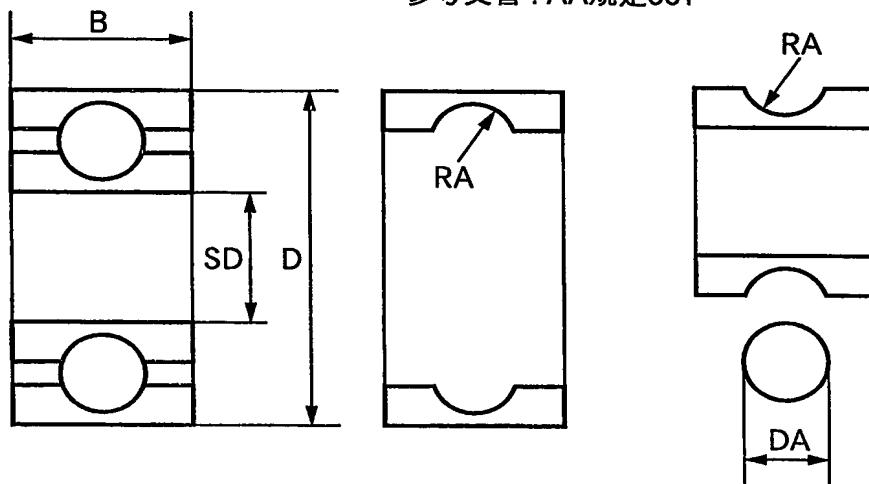


図 9

ルール名	ルールの説明
部品在庫連携ルール	製品に組み込む部品の選定時に在庫の有無や在庫数の多いものを優先的に選択する等のルール
購入部品選定ルール	製品の条件を満たす購入部品の中から、価格の安いもの、安定的に供給できるもの、等を選択するルール
材料選定ルール	同じような条件を満たす材料の中から、価格の安いもの、安定的に供給できるもの、等を選択するルール
生産業者・工場・ライン・設備の技術的条件ルール	実際の生産業者、工場、ライン、ならびに設備で加工可能であって、加工し易い(安い、早い)条件になっているかのチェックルール
生産業者・ライン・設備の稼働状況・予定ルール	複数の生産可能な生産業者、工場、ラインならびに設備の中から、生産予定期の業務量を考慮して、空いている業者、工場、ライン、および設備で作成することを前提とした設計にするルール
物流関係ルール	一定の寸法を超えると一般道路での陸上輸送が困難になる等の物流の都合により製品の最大寸法が制約されること、重量物等のように運搬用のフックのねじ穴が必要とされること、等といったルール
環境規制対応ルール	製品における環境規制物質の含有、製造工程での環境規制物質の排出、等といった環境問題を回避するため、それを警告し回避するルール
アフターサービス対応ルール	客先へ製品を納入後、アフターサービスを行ない易いように、部品を交換し易くしたり、交換部品を把握し易くする刻印等がついているかをチェックするルール
客先別対応ルール	個別製品の設計条件としては毎回提示されないが、客先別に必ず守る必要がある条件を満たしているかをチェックするルール
不正輸出防止ルール	海外の客先等、相手国により、高度な技術を含む製品を輸出できない規制があり、これらに適合した設計になっているかをチェックするルール
特許侵害防止ルール	競合他社の特許に抵触するような設計を防止するため、そのような設計になっているかをチェックするルール
電子データシステム適合ルール	設計成果物がCAD等の電子データの場合、データのファイル名、データ形式、等、社内または客先の電子データ授受に適合しているかどうか、名番の付け方、CADデータの精度指定、等についてチェックするルール

図 1 O

名番	項目ID	判定項目	設計値と問題回避ルール	設計値	基準値	自動判定	最終判定	理由
6304	DG001	みぞ半径が不適	$RA = DA * 55/100$	11.0	11.0	OK	OK	
6304	DG002	玉径が大きすぎる	$DA <= (D-SD)/2 * 0.6$	20.0	24.0	OK	OK	
6304	DG003	玉径が小さすぎる	$DA >= (D-SD)/2 * 0.4$	20.0	16.0	OK	OK	
6304	DG001	みぞ半径が不適	$RA = DA * 55/100$	33.0	33.0	OK	OK	
608	DG002	玉径が大きすぎる	$DA <= (D-SD)/2 * 0.6$	36.1	36.0	NG	OK	工場
608	DG003	玉径が小さすぎる	$DA >= (D-SD)/2 * 0.4$	36.1	24.0	OK	OK	

工場と協議によりOKとした

図 1 1

軸受の設計条件入力		
ハウジング外径 UD :	60.0	
ハウジング幅 UB :	20.0	
軸径 SH :	20.0	<input type="button" value="次へ"/>

図 1 2

設計者裁量諸元入力	
軸受名番 :	6200
玉径 DA :	16.0
<input type="button" value="戻る"/>	<input type="button" value="次へ"/>

図 1 ③

設計結果	
名番:	<input type="text"/> 6200
SD:	<input type="text"/> 20.0
D:	<input type="text"/> 60.0 DA: <input type="text"/> 16.0 
B:	<input type="text"/> 20.0 RA: <input type="text"/> 8.8
D1:	<input type="text"/> 44.0 DE: <input type="text"/> 48.8
D2:	<input type="text"/> 36.0 DN: <input type="text"/> 31.2
	<input type="button"/> 戻る <input type="button"/> 次へ

図 1 4

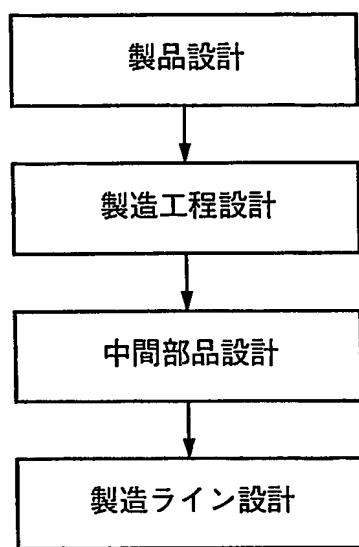
設計ヘルプ						
名番	ID:	判定項目	アドバイス	玉径を小さくする	OK	
6200	DG002	玉径が大きすぎる				
名番	条件ルール	設計値	基準値	自動	最終	判定
6304	$DA <= (D - SD) / 2 * 0.6$	20.0	24.0	OK	OK	特別OK理由
608	$DA <= (D - SD) / 2 * 0.6$	36.1	36.0	NG	OK	工場と協議に...

図 1 5

設計OK/NG判定						
項目ID	判定項目	設計値と問題回避ルール	設計値	基準値	自動	最終判定
DG001	みぞ半径が不適	RA = DA * 55/100	5.5	5.5	OK	OK
DG002	玉径が大きすぎる	DA < = (D-SD)/2 * 0.6	10.0	12.0	OK	OK
DG003	玉径が小さすぎる	DA > = (D-SD)/2 * 0.4	10.0	8.0	OK	OK

OK数: NG数:

図 1 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001308

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.C1⁷ G06F17/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.C1⁷ G06F17/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 08-241338 A (Toyota Motor Corp.), 17 September, 1996 (17.09.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-6
X	JP 11-120000 A (Sekisui Chemical Co., Ltd.), 30 April, 1999 (30.04.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 2002-318891 A (Toshiba Micro-Electronics Corp.), 31 October, 2002 (31.10.02), Full text; all drawings & US 2003/69659 A1 & EP 1253536 A1	1-6

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
15 March, 2005 (15.03.05)Date of mailing of the international search report
05 April, 2005 (05.04.05)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/001308

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-296383 A (Denso Corp.), 17 October, 2003 (17.10.03), Full text; all drawings & US 2003/189566 A1	1-6

A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int. C17 G06F17/50

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int. C17 G06F17/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 08-241338 A (トヨタ自動車株式会社) 1996.09.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
X	JP 11-120000 A (積水化学工業株式会社) 1999.04.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2002-318891 A (東芝マイクロエレクトロニクス株式会社) 2002.10.31, 全文, 全図 & US 2003/69659 A1 & EP 1253536 A1	1-6
A	JP 2003-296383 A (株式会社デンソー) 2003.10.17, 全文, 全図 & US 2003/189566 A1	1-6

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

- 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

15.03.2005

国際調査報告の発送日

05.4.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)
加賀 理紅子

5H 3054

電話番号 03-3581-1101 内線 3531